5B

УДК 681:30

Р.А. Варбанец, В.Г. Ивановский, Ю.Н. Кучеренко, И.В. Логишев
Одесская национальная морская академия ОНМА, г. Одесса, Украина
Одесский национальный морской университет ОНМУ, г. Одесса, Украина
roman.varbanets@gmail.com

On-line контроль параметров судовой энергетической установки

В статье рассматривается проблема определения в эксплуатации и удаленного контроля основных энергетических параметров судовой дизельной энергетической установки (СЭУ). Предложены двухпараметрические зависимости для определения мощности и расхода топлива.

Введение

Время desktop-приложений, как и время локального решения задач управления технологическими процессами, быстро уходит в прошлое. В настоящее время актуально сетевое, корпоративное online-управление и контроль, когда учитываются мнения многих и всем видны результаты совместной деятельности. Эффективность такой стратегии в разы выше за счет быстрых обратных связей и исключения случайного субъективного фактора.

Основными энергетическими объектами современного транспортного судна общего назначения являются главные двигатели, вспомогательные дизельгенераторы и котел. От технического состояния этих объектов зависит способность судна выполнять свою главную задачу – перевозить грузы, а также обеспечивать безопасность мореплавания и жизнь экипажа. Текущие расходы на эксплуатацию этих объектов в виде расходов на топливо, масло и ремонт также стоят на первом месте [1]. Поэтому актуальными являются следующие задачи: повышение эффективности работы СЭУ, контроль мощности на всех эксплуатационных режимах, учет потребления топлива и масла, а также точный учет моторесурса в зависимости от степени нагруженности механизмов [2]

$$g_e = f(n, Ne); g_m = f(Ne); t = f(Ne),$$

где g_e, g_m – удельные эффективные расходы топлива и масла;
t – время работы механизмов (наработок).

Целью данной работы является анализ и разработка методов контроля в реальном времени основных энергетических параметров судовой дизельной энергетической установки транспортного судна.

Анализ и синтез методов контроля основных энергетических параметров СЭУ

Исходя из поставленной задачи разработана система on-line контроля следующих основных объектов СЭУ: главных двигателей (двух), вспомогательных двигателей (до 4 дизельгенераторов) и судового котла. Система базируется на современных технологиях определения эффективных параметров СЭУ в процессе эксплуатации

судна. Определение в эксплуатации реальных значений эффективной мощности главных и вспомогательных двигателей позволяет максимально корректно рассчитывать фактический расход топлива/масла, а также контролировать техническое состояние дизелей. Такая информация позволяет, с одной стороны, производить тщательный контроль расхода ГСМ, а с другой – поддерживать нормальное техническое состояние основных объектов СЭУ силами технического персонала судна.

Известно, что существует техническая проблема определения расхода топлива в эксплуатации с помощью разного рода расходомеров. Практически невозможно объяснить колебания расхода в широких диапазонах, не учитывая внешние условия эксплуатации судна, фактор обрастания корпуса и состояние двигателей. Сложность установки расходомеров объясняется также тем, что на большинстве дизелей существует обратная отсечная магистраль, а значит, нужно устанавливать два (!) дорогостоящих расходомера, работа которых происходит в среде со значительными гидродинамическими пульсациями. Кроме того, существуют неконтролируемые протечки и субъективный человеческий фактор, что в совокупности сводит на нет все усилия по непосредственному контролю расхода топлива в эксплуатации.

Очевидное решение перечисленных проблем заключается в максимально корректной оценке эффективных показателей СЭУ, в первую очередь – мощности и моменте на гребном валу главных двигателей. В этом случае влияние всех внешних факторов учитывается по эффективной мощности. В конечном итоге, именно удельный эффективный расход топлива $g_e[g/kWt \times h]$ является паспортной величиной двигателя и может быть принят в качестве независимого экспертного критерия. Изменение g_e в зависимости от технического состояния двигателей носит предсказуемый характер и может быть с достаточной точностью определено при теплотехнических испытаниях.

Анализ основных типов главных среднеоборотных двигателей судов класса «река – море» (NVD-48, skoda 275, Г-72(70) и др.) позволил сформулировать общую двухпараметрическую зависимость удельного эффективного расхода топлива в зависимости от мощности и частоты вращения вала двигателя:

$$g_e = f(n, N_e);$$

$$ge = k \times 20.7 \times \exp((n_{nom} - n)/n_{nom}) + A + (B + (C + (D + Fn)n)n)n;$$

где n, n_{nom} – текущая и номинальная частота вращения КВ двигателя;

A,B,C,D,E – коэффициенты полиномиальной зависимости, определяемые по данным теплотехнических испытаний путем минимизации функционала Z с помощью процедуры безградиентного поиска Powell'64 [3]:

$$Z = \sum \left[\frac{f_t - f(A,B,C,D,F)}{f_t} \right] \Rightarrow \min;$$

k – коэффициент нагрузки двигателя, определяемый по формуле:

$$k = Ne / k1 \times \exp((n_{nom} - n)/n_{nom}) + A + (B + (C + Dn)n)n;$$

где $k1$ – коэффициент, рассчитываемый с помощью специального устройства, определяющего эффективный момент M_e на валу двигателя.

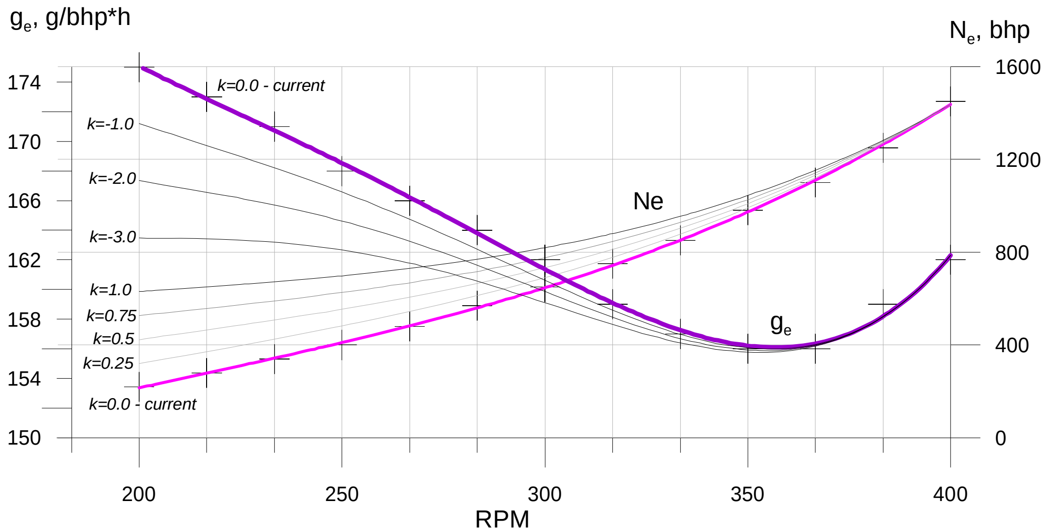


Рисунок 1 – Двухпараметрические модели мощности и удельного расхода топлива

Датчиком устройства служит тензометрический мост, построенный на элементной базе KYOWA ELECTRONIC [4]. Принцип работы моста показан на рис. 1 Особенностью приведенной на рисунке схемы является повышенная чувствительность, помехозащищенность и термокомпенсация. Элементная база KYOWA позволяет осуществить устойчивое, защищенное соединение тензорезисторов с валом и исключить температурную погрешность подводящего кабеля. В лаборатории кафедры СЭУ и ТЭ ОНМУ построен специальный стенд для тарировки и тестирования тензометрических мостов. Испытания показали высокую чувствительность такой схемы и линейность выходного сигнала.

Система, предназначенная для определения параметров основных объектов СЭУ и привязанная к ним сенсорами, рассредоточена по всему машинному отделению судна. Устаревшие, дорогостоящие и слабо помехозащищенные гальванические связи заменены в системе DFM на современную беспроводную Mesh-сеть, построенную на модулях XBee Series 2 [5]. Благодаря встроенному в модули стеку все операции по формированию сети осуществляются автоматически, без участия внешнего микроконтроллера. Модули устанавливаются в монтируемых на плате однорядных держателях Samtec и не требуют пайки. Это является удобной опцией в связи с необходимостью модифицировать управляющую программу, при изменении конфигурации системы, или обновлять стек. Модули могут работать самостоятельно благодаря наличию у них периферийных узлов – портов ввода-вывода и АЦП. На практике (в условиях МО) была подтверждена заявленная характеристика модулей – устойчивое сетевое соединение в радиусе 40 метров вне зоны прямой видимости, что является достаточным для использования в судовых условиях.

Отображение маршрута следования судна производится по карте Google maps. В связи с этим актуальной является задача корректного выбора частоты дискретизации данных (опроса позиции по GPS/ГЛОНАСС и всех датчиков в машинном отделении). Если выбрать большой интервал времени между опросами, может произойти эффект «плавания судна по берегам», в этом случае корректность расчета расхода топлива и мощности будет весьма сомнительной. Эта проблема особенно актуальна для речных судов. В DFM дискретность получения данных заведомо меньше постоянных времени как самого судна, так и контролируемых объектов СЭУ. Благодаря этому в DFM поддерживается высокое качество отображения записанного маршрута и минимизируется погрешность в расчете мощности и потребляемого ГСМ.

В состав ее системы могут быть включены дополнительные датчики, позволяющие производить мониторинг других объектов СЭУ, например, можно контролировать шаг винта ВРШ или работу мощных вспомогательных механизмов.

Выводы

По результатам работы системы можно осуществлять:

– анализ фактической мощности и потребления топлива и масла СЭУ;

– планирование ремонтов и учет расхода запасных частей, основанный на определении фактического времени наработки объектов СЭУ, причем учитывать не только время, но и степень нагруженности механизмов;

– оптимальное управление режимами работы СЭУ для конкретной задачи и условий эксплуатации судна (варьировать нагрузочные режимы СЭУ в зависимости от выбранных критериев оптимизации, получать результат и оперативно реагировать на текущую ситуацию).

Доступ к информации, передаваемой с судна по одному из каналов связи (GPRS, INMARSAT или спутниковая связь), организован через сайт www.dfm.od.ua. Службе управления достаточно иметь выход в Интернет и параметры авторизации, чтобы из любой точки мира круглосуточно получать информацию по своим судам. Беспроводные технологии обмена данными не требуют прокладки кабельных трасс, минимизируют время установки и позволяют снизить стоимость всей установки, наряду с повышением ее надежности и помехозащищенности.

Литература

1. Семенов В.С. Современные проблемы теории судовых дизелей (рабочий процесс и теплопередача) : тексты лекций / Семенов В.С. – М. : В/О «Мортехинформреклама», 1991. – 112 с.
2. Фомин Ю.Я. Судовые двигатели внутреннего сгорания / Фомин Ю.Я. и др. – Л. : Судостроение, 1989. – 344 с.
3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / Химмельблау Д. – М. : Мир, 1975. – 534 с.
4. TP bridge manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.kyowa.ru
5. XBee manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.digi.com

Literatura

1. Semenov V.S. Sovremennyie problemyi teorii sudovyih dizeley (rabochiy protsess i teploperedacha): Tekstyi lektsiy. M.: V/O “Mortehinformreklama”. 1991. 112 s.
2. Fomin Yu.Ya. Sudovyie dvigateli vnutrennego sgoraniya.L.: Sudostroenie. 1989. 344 s.
3. D. Himmelblau. Prikladnoe nelineynoe programmirovanie. M.: Mir. 1975. 534 s.
4. TP bridge manual. http://www.kyowa.ru
5. XBee manual. http://www.digi.com

Р.А. Варбанець, В.Г. Івановський, Ю.М. Кучеренко, І.В. Логішев

On-line контроль параметрів суднової енергетичної установки

У статті розглядається проблема визначення в експлуатації та віддаленого контролю основних енергетичних параметрів суднової дизельної енергетичної установки. Запропоновано двопараметричні залежності для визначення потужності і витрат палива.

R.A. Varbanets, V.G. Ivanovskiy, Ju.N. Kucherenko, I.V. Logishev

On-line Control of Ship Power Plant

The paper is devoted to the problem of definition of key energy parameters for marine diesel power plant in the process of operation and remote control. Two-parameter restrictions for determination of power and fuel consumption are proposed.

Статья поступила в редакцию 22.06.2011.